(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 2
2025

UO‘K: 546.72:622.765:661.183.2 10.70769/3030-3214.SRT.3.2.2025.5

SULFID, PERRENAT VA ION ALMASHINUVI USULLARI ORQALI RENIYNI AJRATIB OLISHNING ILMIY ASOSLARI

Xasanov Abdurashid Salievich

Olmaliq “KMK” AJ Bosh muhandisining ilm fan va innovatsiyalar bo‘yicha o‘rinbosari, Olmaliq, O‘zbekiston
E-mail: abdurashidsoli@mail.ru

Xakimov Kamol Jurayevich

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti “Neft-gaz va konchilik ishi” kafedrasi mudiri, texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori, dotsent, Termiz, O‘zbekiston

Axmedov O‘ral Choriyevich

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti, kimyo fanlari nomzodi, dotsent, Termiz, O‘zbekiston

Eshonqulov Uchqun Xudaynazar o‘g‘li

Qarshi davlat texnika universiteti, t.f.f.d., dotsent, Qarshi, O‘zbekiston

Annotatsiya. *Ushbu maqolada reniyni eritmalardan ajratib olish usullari, jumladan, kaliy perrenat va ammoniy perrenatni cho‘ktirish, sulfid tarkibida cho‘ktirish va suvda tanlab eritish jarayonlari tahlil qilinadi. Reniyni ajratish texnologik sxemalari, eritish jarayonining kimyoviy mexanizmlari hamda optimal sharoitlar bo‘yicha natijalar keltirilgan. Kaliy va ammoniy perrenatlarining cho‘ktirish jarayonlari, ion almashinuvi usullari va suvda tanlab eritishning samaradorligi taqqoslab o‘rganilgan. Reniyni ajratish jarayonida harorat, reagentlarning konsentratsiyasi va boshqa muhim parametrlarning ta’siri o‘rganiladi. Tadqiqot natijalari reniy qazib olish va qayta ishlash sanoati uchun muhim ahamiyat kasb etadi.*

Kalit so‘zlar: *reniy, kaliy perrenat, ammoniy perrenat, cho‘ktirish, ion almashinuvi, eritmalardan ajratish, texnologik sxema, sulfid tarkibida cho‘ktirish, suvda tanlab eritish.*

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ РЕНИЯ СУЛЬФИДНЫМИ, ПЕРРЕНАТНЫМИ И ИОНООБМЕННЫМИ МЕТОДАМИ

Хасанов Абдурашид Салиевич

Заместитель главного инженера по науке и инновациям Алмалыкского АО «КМК», Алмалык, Узбекистан

Хакимов Камол Жураевич

Заведующий кафедрой «Нефтегазовое и горное дело», Термезский государственный университет инженерии и агротехнологий, доктор философии по техническим наукам, доцент, Термез, Узбекистан

Ахмедов Урал Чориевич

Термезский государственный университет инженерии и агротехнологии, кандидат химических наук, доцент, Термез, Узбекистан

Эшонкулов Учкун Худайназар угли

Каршинский государственный технический университет, кандидат технических наук, доцент, Карши, Узбекистан

Annotatsiya. *В данной статье анализируются методы извлечения рения из растворов, включая осаждение перрената калия и перрената аммония, осаждение в сульфиде и селективное растворение в воде. Приведены результаты по технологическим схемам разделения рения, химическим механизмам процесса плавления и оптимальным условиям. Сравнительно изучены процессы осаждения перренатов калия и аммония, методы ионного обмена и эффективность выщелачивания в воде. В процессе разделения рения изучается влияние температуры, концентрации реагентов и других важных параметров. Результаты исследования имеют важ-*

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 2
2025

ное значение для добычи и переработки рения.
Ключевые слова: *рений, перренат калия, перренат аммония, осаждение, ионный обмен, отделение от растворов, технологическая схема, осаждение в сульфидном составе, селективное растворение в воде.*

SCIENTIFIC BASIS OF RHENIUM EXTRACTION BY SULFIDE, PERRENATE, AND ION-EXCHANGE METHODS

Khasanov Abdurashid Salievich
Deputy Chief Engineer for Science and Innovations, Almalyk JSC KMK, Almalyk, Uzbekistan Almaty, Kazakhstan

Khakimov Kamol Juraevich
Head of the Department of "Oil and Gas and Mining" of the Termez State University of Engineering and Agrotechnologies, Doctor of Philosophy in Technical Sciences, Associate Professor, Termez, Uzbekistan

Akhmedov Ural Chorievich
Termez State University of Engineering and Agrotechnologies, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Termez, Uzbekistan

Eshonkulov Uchkun Khudaynazar ugli
Karshi State Technical University, Doctor of Historical Sciences, Associate Professor, Karshi, Uzbekistan

Abstract. *This article analyzes methods for extracting rhenium from solutions, including the processes of precipitation of potassium perrhenate and ammonium perrhenate, precipitation in sulfide, and selective dissolution in water. Technological schemes for the extraction of rhenium, chemical mechanisms of the dissolution process, and optimal conditions are presented. The precipitation processes of potassium and ammonium perrenates, ion exchange methods, and the effectiveness of water leaching were studied in a comparative aspect. In the process of rhenium extraction, the influence of temperature, reagent concentration, and other important parameters is studied. The research results are of great importance for the rhenium mining and processing industry.*
Keywords: *rhenium, potassium perrhenate, ammonium perrhenate, precipitation, ion exchange, separation from solutions, technological scheme, precipitation in sulfide composition, selective dissolution in water.*

Kirish. Reniy (Re) tabiatda kam uchraydigan va yuqori iqtisodiy ahamiyatga ega bo‘lgan og‘ir metallar sirasiga kiradi. U asosan mis va molibden rudalarida uchraydi va ularni qayta ishlash natijasida olinadi. Reniy o‘zining yuqori harorat bardoshliligi, katalitik xossalari va korroziyaga chidamliligi sababli metallurgiya, aerokosmik sanoat, katalizatorlar ishlab chiqarish va elektronika sanoatida muhim rol o‘ynaydi.

Dunyoda yillik reniy ishlab chiqarish hajmi taxminan 50-60 tonnani tashkil etadi. Asosiy ishlab chiqaruvchi davlatlar Qozog‘iston, AQSh, Kanada, Rossiya va Chili hisoblanadi. 2023-yilgi statistikaga ko‘ra, reniyning yillik ishlab chiqarish hajmi quyidagi ko‘rinishga ega:

- Chili – 30 tonna
- AQSh – 7 tonna
- Qozog‘iston – 8 tonna
- Rossiya – 6 tonna
- Kanada – 5 tonna

Reniy qazib olish jarayonlari murakkab va ekologik jihatdan xavfsiz texnologiyalarni talab qiladi. Uning eng ko‘p ishlatiladigan qo‘llanilish sohasi superqotishmalar tayyorlashdir. Masalan, reaktiv dvigatellarda qo‘llaniladigan Inconel, Hastelloy va Rene qotishmalarida reniy tarkibi 3-6% ni tashkil etadi. Buning natijasida dvigatellar yuqori harorat va bosimga chidamli bo‘ladi.

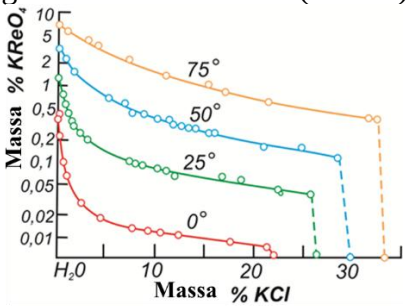
Shuningdek, reniy neftni qayta ishlash sanoatida katalizator sifatida keng qo‘llaniladi. Platina-reniy asosidagi katalizatorlar neft mahsulotlarini oktan sonini oshirish va toza yoqilg‘i ishlab chiqarish uchun ishlatiladi. 2022-yilda global katalizator bozorida reniyning ulushi 15% ga yetgan.

Ushbu maqolada reniyni eritmalardan ajratib olish bo‘yicha turli usullar, shu jumladan, kaliy perrenat va ammoniy perrenatni cho‘ktirish, sulfid tarkibida cho‘ktirish hamda suvda tanlab eritish texnologik jarayonlari tahlil qilinadi. Har bir usulning samaradorligi, fizik-kimyoviy jarayonlari va amaliyotga joriy etish imkoniyatlari ko‘rib chiqiladi. Ayniqsa, ion almashinuvi usuli, oksidlovchi

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 2
2025

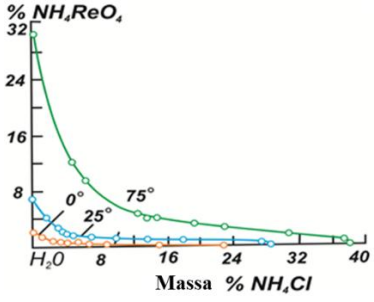
qo‘shimchalar yordamida eritmalarni qayta ishlash jarayonlari va cho‘ktirish mexanizmlari batafsil tahlil qilinadi. Tadqiqot natijalari asosida eng samarali va iqtisodiy jihatdan maqbul texnologiyalar aniqlanadi.

Muhokama. Kaliy perrenatni cho‘ktirish eritmalardan reniyni ajratib olishning eng ko‘p qo‘llaniladigan usullaridan biri hisoblanadi. U $KReO_4$ ning nisbatan past eruvchanligiga asoslangan bo‘lib, harorat pasayishi bilan uning eruvchanligi keskin tushib ketadi (1-rasm).

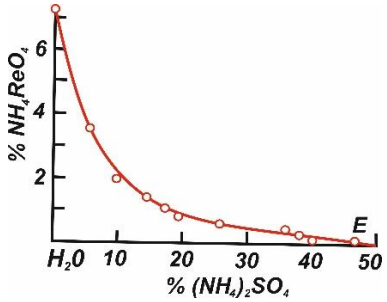


1-rasm. $KReO_4$ - KCl - H_2O tizimi.

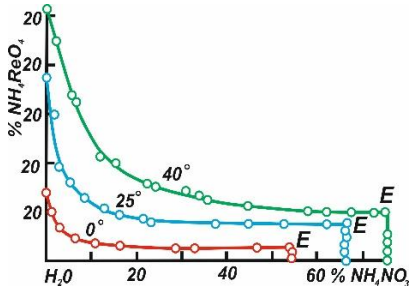
Eritmalardagi $KReO_4$ ning ajralish to‘liqligi tuzsizlantiruvchi ta’sirga ega bo‘lgan kaliy tuzlari, ayniqsa KCl ning ortiqcha miqdori qo‘shilganda ortadi (1-rasm). Kaliy perrenat 8-10°C haroratgacha sovutilganda cho‘ktiriladi. Kaliy perrenat filtrda yaxshi ajralib turadigan og‘ir mayda kristalli cho‘kma hosil qiladi. $KReO_4$ cho‘kmasini aralashmalardan tozalash maqsadida, odatda uni 2-3 marta qayta kristallash amalga oshiriladi. $KReO_4$ cho‘ktirish qoldiq eritmalarida yana 0,4 - 0,5 g/l Re mavjud; u ion almashinuvi usuli bilan qo‘shimcha ajratib olinadi. Ammoniy perrenat $KReO_4$ ga nisbatan ancha yaxshi eruvchanligi bilan ajralib turadi (2-rasm). NH_4 ReO_4 ni ajratib olish uchun NH_4Cl, $(NH_4)_2SO_4$ va NH_4NO_3 kabi ammoniy tuzlari erituvchi sifatida qo‘llaniladi. Eritmadagi bu tuzlarning ortiqcha miqdori ammoniy perrenatning eruvchanligini keskin kamaytiradi (2, 3 va 4-rasmlar).



2-rasm. NH_4ReO_4 – NH_4Cl – H_2O tizimi.



3-rasm. 25°C haroratda NH_4ReO_4 – $(NH_4)_2SO_4$ – H_2O tizimi.



4-rasm. NH4ReO4 – NH4NO3 – H2O tizimi.

Reniyni sulfid tarkibida cho‘ktirish usuli reniyni dastlabki boyitish va konsentrlangan eritmalardan miqdoriy ajratib olish uchun qo‘llaniladi. Reniy bilan birga erimaydigan sulfidlar hosil qiluvchi barcha metallar cho‘kmaga tushadi. Reniyni vodorod sulfid yordamida sulfid ko‘rinishida cho‘ktirish uchun kuchli kislotali muhit (10% HCl) qo‘llaniladi, chunki kamroq kislotali eritmalarda reniyning cho‘kishi to‘liq bo‘lmasligi mumkin. Vodorod sulfidni o‘tkazishni 2-3 soat davomida amalga oshirish lozim. Maqbul sharoitlarda cho‘kma yaxshi filtrlanadi va filtrlanish jarayoni rangsiz bo‘ladi. Re_2S_7 ko‘rinishida cho‘ktirish usuli 1 litr eritmadan 0,75 milligram reniyni ajratib olishga imkon beradi. Barcha reniy perrenat shaklida bo‘lishi lozim. Cho‘ktirish jarayonida quyidagi reaksiya ro‘y beradi:

$$2HReO_4 + 7H_2S = Re_2S_7 + 8H_2O \quad (1)$$

Ko‘rsatilgan sharoitlarda reniyning past valentli shakllari cho‘kmaga tushmaydi. Cho‘ktiruvchi sifatida $(NH_4)_2S$ qo‘llanilganda, cho‘ktirish jarayoni kislotali eritmalardan amalga oshiriladi. Hosil bo‘lgan cho‘kma oltingugurt va metall sulfidlari bilan yuqori darajada aralashgan bo‘ladi. Cho‘kmaga oltingugurtdan tashqari ammoniy ionlari ham yutiladi. Reniy, reniy kislotasi ko‘rinishida, nitron yordamida cho‘ktiriladi. Suvda nitron perrenati 0°C haroratda 0,0017-0,0018 g/l miqdorda eriydi, ammo

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 2
2025

sirka kislotali nitronning 0,3-0,5% li eritmasida bu tuz amalda erimaydi.

Suvli tanlab eritish usuli chang, kul va shu kabi xomashyolarga qo‘llaniladi, ularda reniy eruvchan Re_2O_7 semioksidi shaklida mavjud bo‘ladi. Reniy yetti oksidi suvda yaxshi eriydi va natijada reniy kislotasi hosil bo‘ladi:

$$Re_2O_7 + H_2O = 2HReO_4 \quad (2)$$

Biroq, kuydirish changlarida reniy faqatgina Re_2O_7 ko‘rinishida emas, balki qiyin eriydigan uch oksid va ikki oksid shaklida ham mavjud bo‘ladi. Ushbu shakllardan reniyni suvda tanlab eritish uchun oksidlovchi qo‘shimchalar qo‘llaniladi: ko‘pincha xlor, natriy gipoxlorit va pirolyuzit (MnO_2) ishlatiladi. Bunda quyidagi reaksiyalar yuz beradi:

$$Cl_2 + H_2O = HClO + HCl$$

$$ReO_3 + HClO = HReO_4 + Cl^-.$$

$$2ReO_2 + 3Cl_2 + 4H_2O = 2HReO_4 + 6HCl.$$

Azot kislotasining qo‘shilishi ham qiyin eriydigan reniy uch oksidini oksidlash orqali reniyni ajratib olish darajasini oshirishga yordam beradi:

$$ReO_3 + HNO_3 = HReO_4 + NO_2$$

1-jadvalda tarkibida 0,5% reniy va 4,2% molibden mavjud bo‘lgan molibdenitni kuydirish zavodlaridan birining gaz quvuri changidan reniy va molibdenni suv yordamida ajratib olish natijalari keltirilgan.

1-jadval

Changdan reniy va molibdenni suvda tanlab eritish. Q:S nisbati 1:3, aralashtirgich yordamida tanlab eritish, davomiyligi 1 soat

Tanlab eritish jarayoni		Chiqindi tarkibi, %		Eritmaga ajralishi, %	
t, ^{0}C	Okislitel	**Re**	**Mo**	**Re**	**Mo**
20-25	-	0,28	2,8	44,0	33,4
70-75	-	0,20	2,1	60,0	50,0
70-75	MnO_2 (20 kg/t)	0,02	0,3	96,0	92,8

1-jadval natijalaridan ko‘rinib turibdiki, tanlab eritish haroratini 70-75°C gacha oshirish va 1 tonna hisobiga 20 kg pirolyuzit qo‘shish gaz yo‘li changidan reniy va molibdenni juda yuqori darajada ajratib olishni ta’minlaydi. Tanlab eritish uchun boshlang‘ich reagent suv bo‘lsada, jarayonning o‘zi gaz yo‘lidagi changda sulfat kislota mavjudligi tufayli sulfat kislotali tanlab eritishga kiradi, chunki kuydirilgan gazlar tarkibida CO_3 va suv bug‘lari mavjud. Eslatib o‘tamizki, MnO_2 ning normal oksidlanish-qaytarilish potensiali kislotali muhitlarda 1,67 V ga, ishqoriy muhitlarda esa 0,57 V ga teng bo‘ladi. Reniyni changlardan suv yordamida tanlab eritish orqali ajratib olishning texnologik sxemalari 6.1-bo‘limda keltirilgan.

Xulosa. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, reniyni eritmalardan ajratib olishda har xil usullarning samaradorligi eritma tarkibi, harorat, reagentlarning konsentratsiyasi va fizik-kimyoviy sharoitlarga bog‘liq holda o‘zgaradi. Kaliy perrenat va ammoniy perrenatni cho‘ktirish usuli yuqori samaradorlik ko‘rsatgan bo‘lsa-da, ion almashinuvi usuli eng yuqori darajada toza reniyni ajratib olish imkoniyatini berdi. Sulfid tarkibida cho‘ktirish usuli esa dastlabki boyitish bosqichlarida muhim ahamiyatga ega.

Reniyni suvda tanlab eritish usuli qattiq fazadagi xomashyolar uchun samarali bo‘lib, bu usulni molibden va mis eritish jarayonlaridan olingan changlardan reniyni ajratib olishda keng qo‘llash mumkin. Bu jarayonda oksidlovchi reagentlar qo‘shish orqali ajratib olish samaradorligini oshirish mumkinligi aniqlandi.

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, yuqorida bayon etilgan usullarning har biri turli xil sharoitlarga mos keladi va ularning optimal ishlash sharoitlari aniqlanishi lozim. Kelajakdagi tadqiqotlar ion almashinuvi usulini yanada takomillashtirish, cho‘ktirish mexanizmlarini batafsil o‘rganish va yangi reaktivlar yordamida jarayon samaradorligini oshirishga qaratilishi lozim.

Reniyni ajratish jarayonlarining rivojlanishi uning aerokosmik, elektronika va katalizator sanoatidagi qo‘llanilish doirasini kengaytirishga xizmat qiladi. Shu sababli, yangi texnologiyalar ishlab chiqish va mavjud jarayonlarni modernizatsiya qilish zarur. Ilmiy tadqiqotlar va sanoat tajribalari natijasida yanada iqtisodiy jihatdan samarali va ekologik toza texnologik echimlarni ishlab chiqish maqsadga muvofiqdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Санакулов К., Петухов О.Ф. и др. Способ извлечения рения // Патент Республики Узбекистан IAP 04651, приоритет от 20.11.2009.

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 2
2025

2. Кокушева А.А., Дайрабаева Г.А., Усабекова А.Ш., Перфельев Н.А.. Извлечение рения из сернокислотных шламов Джезказганского медеплавильного завода // Цветные металлы. – 1992. - № 5. – С.14 – 15.
3. Палант А.А., Трошкина И.Д., Чекмарёв А.М. Металлургия рения. – М.: Наука, 2007. 298 с.
4. Савицкий Е.М., Тылкина М.А., Поварова К.Б. Сплавы рения. – М.: Наука, 1965.
5. Санакулов К.С., Мухиддинов Б.Ф., Хасанов А.С. Химические Элементы свойства, получение, применение. Тошкент «Турон замин зиё» 2016 г. 493с.
6. Хакимов, К. Ж., Эшонкулов, У. Х., & Умирзоқов, А. (2020). Complex Processing Of Lead-Containing Technogenic Waste From Mining And Metallurgical Industries In The Urals. THE AMERICAN JOURNAL OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY (TAJET) SJIF-5.32 DOI-10.37547/tajet, 2(9), 2689-0984.